

ALIGNER, ITS MANUFACTURE, EXPOSING METHOD AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

Publication number: JP10340846

Publication date: 1998-12-22

Inventor: KUDO TAKETO

Applicant: NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: **G03F7/20; H01L21/027; G03F7/20; H01L21/02;** (IPC1-7): H01L21/027; G03F7/20

- European: G03F7/20T16

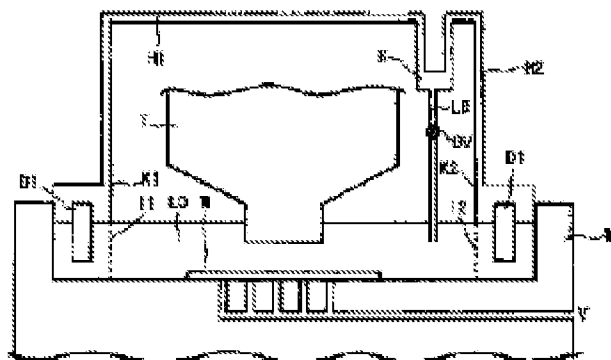
Application number: JP19970151985 19970610

Priority number(s): JP19970151985 19970610

Report a data error here

Abstract of **JP10340846**

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable continuous correction of imaging performance without vibration, by installing a refractive index adjusting means for adjusting the refractive index of liquid. **SOLUTION:** A refractive index adjusting means consists of the following; electrodes D1, ion exchange films 11, 12, bulkheads K1, K2, exhaust pipes H1, H2, a mixer K, an electromagnetic valve DV, an introducing pipe LD, a power source supply part and a second control part. The second control part sends a command to the power source supply part, and applies 8 specified voltage for a specified period across the two electrodes D1. From one electrode turning to an anode, oxygen gas is generated. From the other electrode turning to a cathode, mixed gas of hydrogen and chlorine is generated. Since the concentration of hydrogen chloride in liquid LQ is decreased, the refractive index of the liquid LQ is decreased. The second control part sends a command to the electromagnetic valve DV, in order to open the valve DV and add high concentration admixture aqueous solution to the liquid LQ. Thereby the refractive index of the liquid LQ is increased.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-340846

(43)公開日 平成10年(1998)12月22日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/20
識別記号
5 2 1

F I
H 0 1 L 21/30 5 1 5 D
G 0 3 F 7/20 5 2 1
H 0 1 L 21/30 5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-151985

(22)出願日 平成9年(1997)6月10日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 工藤 威人

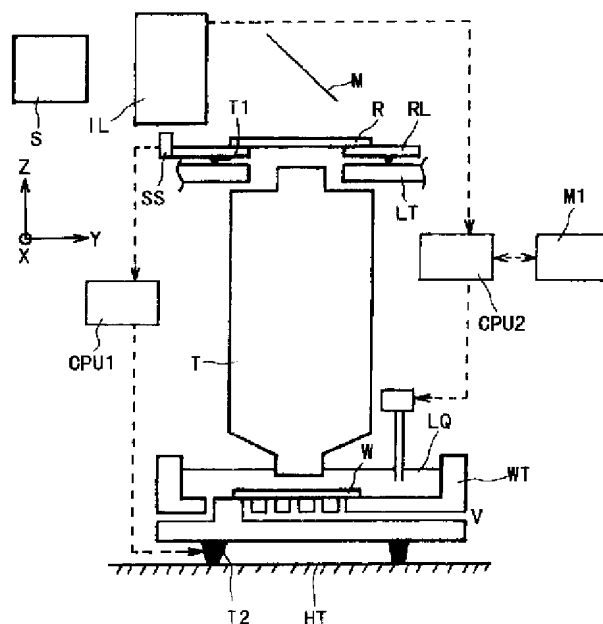
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(54)【発明の名称】 露光装置及びその製造方法並びに露光方法及びデバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】、連続的な結像性能の補正を振動を伴うことなく可能とすること、或いは投影光学系の開口数の増大及び結像性能の補正を両立すること

【解決手段】レチクルR上に設けられたパターンを照明する照明光学系I Lと、このパターンの像を感光性基板上に形成する投影光学系Tとを有し、投影光学系と感光性基板との間の光路中の少なくとも一部分に位置する液体L Qを介して露光を行う露光装置であって、液体の屈折率を調整するための屈折率調整手段を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】レチクル上に設けられたパターンを照明する照明光学系と、該パターンの像を感光性基板上に形成する投影光学系とを有し、前記投影光学系と前記感光性基板との間の光路中の少なくとも一部分に位置する液体を介して露光を行う露光装置において、前記液体の屈折率を調整するための屈折率調整手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項2】前記屈折率調整手段は、前記投影光学系の結像性能を補正するように前記液体の屈折率を調整することを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】前記投影光学系の結像性能を測定する結像性能測定手段をさらに備え、前記屈折率調整手段は、前記結像性能を補正するように前記液体の屈折率を調整することを特徴とする請求項2記載の露光装置。

【請求項4】前記投影光学系の結像性能の変動の要因の状態を検知する変動要因検知手段をさらに備え、前記屈折率調整手段は、前記要因の状態に応じて、前記結像性能を補正するように前記液体の屈折率を調整することを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項5】前記照明光学系は、前記レチクルに対する照明条件を変更可能に構成され、前記変動要因検知手段は、前記照明条件の状態を検知し、前記屈折率調整手段は、前記照明条件の変更に応じて、前記結像性能を補正するように前記液体の屈折率を調整することを特徴とする請求項4記載の露光装置。

【請求項6】前記変動要因検知手段は、前記レチクルの種類を判別するものであり、前記屈折率調整手段は、前記レチクルの種類に応じて、前記結像性能を補正するように前記液体の屈折率を調整することを特徴とする請求項4記載の露光装置。

【請求項7】前記感光性基板を保持する感光性基板ホルダーをさらに備え、該感光性基板ホルダーは、前記投影光学系と前記感光性基板との間の光路を前記液体で満たすための側壁と、前記液体を前記感光性基板ホルダーへ供給すると共に前記感光性基板ホルダーから回収するための供給・回収ユニットとを備えることを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項記載の露光装置。

【請求項8】前記屈折率調整手段は、前記液体に屈折率を調整するための添加剤を供給する添加剤供給ユニットと、前記液体から前記添加剤を回収するための添加剤回収ユニットとを有することを特徴とする請求項1乃至7の何れか一項記載の露光装置。

【請求項9】所定の照明条件のもとでレチクルを照明する工程と、前記レチクル上に設けられたパターンを投影光学系を用いて感光性基板上に転写する工程とを含み、前記投影光学系からの光を所定の液体を介して前記感光性

基板へ導く露光方法において、前記投影光学系の結像性能を補正するために、前記液体の屈折率を調整する工程を含むことを特徴とする露光方法。

【請求項10】所定の照明条件のもとでレチクルを照明する工程と、前記レチクル上に設けられたデバイスパターンを投影光学系を用いて感光性基板上に転写する工程とを含み、前記投影光学系からの光を所定の液体を介して前記感光性基板へ導くデバイス製造方法において、前記レチクル及び前記照明条件のうち少なくとも一方が変更されたときに、前記液体の屈折率を変更することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項11】レチクル上に設けられたパターンを照明する照明光学系と、該パターンの像を感光性基板上に形成する投影光学系とを有し、前記投影光学系と前記感光性基板との間の光路中の少なくとも一部分に位置する液体を介して露光を行う露光装置の製造方法において、前記投影光学系の結像性能を測定する工程と、該測定された結像性能に基づいて、前記液体の屈折率の初期値を定める工程とを含むことを特徴とする露光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、レチクル上に設けられたデバイスパターンの像を感光性基板上に投影する投影光学系を備えた露光装置及び該露光装置を用いた露光方法並びにデバイス製造方法に関する。さらに詳しくは、本発明は投影光学系と感光性基板との間の光路に液体を充填した液浸型露光装置に関する。本発明は、半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、または薄膜磁気ヘッド等を製造する際に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】光学系の最終面と像面との間の空間を、ワーキングディスタンスと言うが、従来の露光装置の投影光学系ではワーキングディスタンスは空気で満たされていた。ところで、ICやLSIを製造する過程に於いてシリコンウエハに露光するパターンは、その微細化が常に望まれていて、そのためには露光に用いる光の波長を短くするか、あるいは像側の開口数を大きくする必要がある。光の波長が短くなるにつれ、満足できる結像性能を得つつ露光に十分な光量を確保できるだけの透過率を持つガラス材料は少なくなってくる。

【0003】そこで像面までの最終媒質を、空気より屈折率の大きい、液体にすることで像側の開口数を大きくすることが提案されていて、そのように液体を用いた投影光学系を持つ露光装置は、液浸型露光装置と呼ばれている。さて、露光装置においては、投影光学系の結像性能を補正するために、投影光学系の最も物体側の光路或いは最も像側の光路中に、結像性能を調整するための結像性能補正部材を交換可能に設ける技術が知られてい

る。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、液浸型露光装置では、投影光学系と感光性基板との間の光路（ワーキングディスタンス）に液体を満たす構成であるため、結像性能を補正するための部材を配置することが困難である。また、このような結像性能補正部材は、有限の数、現実的な装置の構成を考えると数個程度しか準備することができないため、離散的にしか結像性能を補正できない問題点がある。

【0005】また、投影光学系の結像性能は所定の許容範囲に収める必要があるが、上述のように結像性能の補正が離散的にしかできなければ、この所定の許容範囲内に収めることが困難となる。特に、露光パターンの微細化や露光面積の増大が求められると、この結像性能の許容範囲が狭くなり、また、レチクルと感光性基板とを走査させつつ露光を行う走査露光方法を行う場合にも結像性能特性の変動幅の許容範囲が狭くなっており、離散的な補正では対応しきれない。

【0006】また、上述のような結像性能補正部材の交換時において、投影光学系自体の振動が発生するため、結像性能へ悪影響が生じる恐れもある。そこで、本発明は、連続的な結像性能の補正を振動を伴うことなく可能とすることを第1の目的とする。また、本発明は、投影光学系の開口数の増大と結像性能を補正することとの両立を第2の目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の第1の目的を達成するために、本発明による露光装置は、レチクル上に設けられたパターンを照明する照明光学系と、このパターンの像を感光性基板上に形成する投影光学系とを有し、投影光学系と感光性基板との間の光路中の少なくとも一部分に位置する液体を介して露光を行う露光装置であって、液体の屈折率を調整するための屈折率調整手段を有するものである。

【0008】ここで、上記請求項2に掲げた好ましい態様によれば、屈折率調整手段は、前記投影光学系の結像性能を補正するように液体の屈折率を調整するものである。この構成に基づいて、請求項3に掲げた好ましい態様によれば、投影光学系の結像性能を測定する結像性能測定手段をさらに備えるものであり、屈折率調整手段

は、前記結像性能を補正するように液体の屈折率を調整するものである。

【0009】また、請求項4に掲げた好ましい態様によれば、投影光学系の結像性能の変動の要因の状態を検知する変動要因検知手段をさらに備えるものであり、屈折率調整手段は、要因の状態に応じて、結像性能を補正するように液体の屈折率を調整するものである。この構成に基づいて、請求項5に掲げた好ましい態様によれば、照明光学系は、前記レチクルに対する照明条件を変更可能に構成され、変動要因検知手段は、照明条件の状態を検知し、屈折率調整手段は、照明条件の変更に応じて、結像性能を補正するように液体の屈折率を調整するものである。

【0010】そして、請求項6に掲げた好ましい態様によれば、変動要因検知手段は、レチクルの種類を判別するものであり、屈折率調整手段は、レチクルの種類に応じて、結像性能を補正するように液体の屈折率を調整するものである。また、上述の第2の目的を達成するためには、投影光学系と感光性基板との間の光路の全てを液体で満たすことが好ましい。このとき、本発明による露光装置は、投影光学系と感光性基板との間の光路を前記液体で満たすための側壁と、液体を前記感光性基板ホルダーへ供給すると共に前記感光性基板ホルダーから回収するための供給・回収ユニットとを備え、感光性基板を保持する感光性基板ホルダーをさらに有することが好ましい。

【0011】また、屈折率調整手段は、液体に屈折率を調整するための添加剤を供給する添加剤供給ユニットと、液体から前記添加剤を回収するための添加剤回収ユニットとを有することが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】上述の構成のごとき本発明においては、投影光学系と感光性基板との間の光路中に位置する液体の屈折率を調整することができるため、この屈折率の変化により投影光学系の結像性能を補正することができる。ここで、屈折率調整の手法としては、液体が多物質の混合液体であるとする、この混合液体の屈折率 n は、ローレンツ・ローレンス (Lorentz-Lorenz) の式に従い、

【0013】

【数1】

$$\left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) = \sum_{i=1,2,\dots} m_{(i)} \times \left(\frac{n_{(i)}^2 - 1}{n_{(i)}^2 + 2} \right) \times \frac{\rho}{\rho_{(i)}}$$

【0014】となる。但し、

【0015】

【数2】

$n_{(i)}$: i 番目の物質の屈折率、
 $m_{(i)}$: i 番目の物質の重量分率、
 $\rho_{(i)}$: i 番目の物質の密度、

【0016】である。例えば液体を水溶液とすると、この水溶液の屈折率が水溶液自体の濃度に応じて変化するため、水溶液へ添加する物質の濃度を増減させれば良い。これにより、投影光学系の結像性能を補償できる屈折率の値となるように、液体の屈折率を変化させれば、投影光学系の結像性能は良好なものとなる。

【0017】ここで、屈折率の調整は、例えば投影光学系の収差などの結像性能を測定し、その結果に応じて屈折率を調整しても良く、投影光学系の結像性能の変動に対応している要因の変動を検知して、その結果に応じて屈折率を調整しても良い。前者の投影光学系の結像性能を測定する手法においては、露光装置の製造時に投影光学系の収差などを測定し、この収差を補償する屈折率の値を液体の屈折率の初期値に設定しても良い。このように製造時の調整の一部として屈折率を調整すれば、製造・調整が容易となる利点がある。また、露光装置自体に収差測定機構などを設けておき、この収差測定機構による収差測定結果に応じて、液体の屈折率を変更しても良い。

【0018】一方、後者の結像性能の変動に対応する要因の変動としては、レチクルの種類、照明条件の状態、投影光学系を通過する露光エネルギー量などが挙げられる。ここで、レチクルを照明する際の照明条件（ σ 値、変形照明か否かなど）は、レチクル上に設けられるパターンの種類によって最適なものが決まり、この照明条件が変わると、投影光学系の収差を初めとする結像性能が変化する。そこで、例えばレチクルの種類、照明条件などの要因ごとに、この要因の変動に伴って変化する結像性能を補償するための屈折率の値を予めメモリなどに記憶させておき、この要因の変動を検知し、記憶された関係に基づいて液体の屈折率を調整すれば良い。また、投影光学系を通過する露光エネルギー量の大小により投影光学系の結像性能が変化する、いわゆる照射変動があるが、この場合においても、露光エネルギー量と、この露光エネルギー量の大小によって変化する結像性能を補償するための屈折率の値を予めメモリなどに記憶させておき、この要因の変動を検知し、記憶された関係に基づいて液体の屈折率を調整すれば良い。なお、この手法において、メモリに記憶させる代わりに、所定の計算式で算出しても良い。

【0019】このように、液体の屈折率を調整することで、投影光学系の結像性能のうち、特に球面収差、像面湾曲の補正に効果的である。以下、図面を参照して、本発明にかかる実施の形態について説明する。

〔第1の実施の形態〕図1は、本発明にかかる第1の実施の形態による露光装置を概略的に示す図である。尚、図1では、XYZ座標系を採用している。

【0020】図1において、光源Sは、例えば波長248nmの露光光を供給し、この光源Sからの露光光は、照明光学系IL及び反射鏡Mを介してレチクルRをほぼ

均一な照度分布のもとで照明する。ここで、本例では光源Sとして、KrFエキシマレーザ光源を用いているが、その代わりに、193nmの露光光を供給するArFエキシマレーザ光源やg線、i線等を供給する高圧水銀ランプ等を用いても良い。また、図1では不図示ではあるが照明光学系ILは、面光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、この面光源からの光を集光して被照射面を重畳的に均一照明するためのコンデンサ光学系と、オプティカルインテグレータにより形成される面光源の位置に配置されて面光源の形状を可変にするための可変開口絞りとを有するものである。ここで、面光源の形状としては、光軸から偏心した複数の面光源を持つもの、輪帯形状のもの、円形状であってその大きさがことなるものなどがある。このような照明光学系ILとしては、例えば米国特許第5,329,094号公報や米国特許第5,576,801号公報に開示されているものを用いることができる。

【0021】そして、レチクルRを通過・回折した露光光は、投影光学系Tを経てウエハW上に達し、ウエハ上には、レチクルRの像が形成される。ここで、レチクルRは、レチクルローダーRLによって保持され、レチクルローダーRLは任意の時にローダーテーブルLT上を駆動装置T1により、X軸及びY軸上で任意の速度で移動できるように構成されている。ここで、レチクルローダーRLのローダーテーブルLT上での移動速度は、速度センサーSSで検知され、この速度センサーSSからの出力は、第1制御部CPU1へ伝達される。

【0022】また、ウエハWは、ウエハテーブルWTにより保持されている。このウエハテーブルWTには、液体LQを溜めるための側壁が設けられている。本例では、この側壁により、ウエハWから投影光学系Tまでの光路の全てが液体LQで満たされる構成となっている。このウエハテーブルWTは、駆動装置T2によりホルダーテーブルHT上でX軸方向及びY軸方向に任意の速度で移動できるように構成されている。

【0023】ここで、上記の第1制御部CPU1は、レチクルローダーRLのローダーテーブルLT上での移動速度と、投影光学系Tの露光倍率 β とからウエハテーブルWTのホルダーテーブル上での移動速度を算出し、駆動装置T2へ伝達する。駆動装置は、第1制御部CPU1から伝達された移動速度に基づいて、ウエハテーブルWTを移動させる。

【0024】図2は、このウエハテーブルWTの構成を詳細に表した図である。この図2において、投影光学系Tの最もウエハW側の光学部材と、投影光学系Tの金枠との間は、液体LQが浸透してこないように密着しているか、パッキングされている。また、ウエハテーブルWTの底部には、複数の開口が設けられており、これらの開口に接続されている配管Vから減圧することにより、ウエハWはウエハテーブルWTに吸着されている。そし

て、ウエハテーブルWTには、電極D1、D2が設けられており、これらの電極D1、D2のそれぞれの周囲には、イオン交換膜I1、I2が設けられている。これらのイオン交換膜I1、I2により、電極D1、D2の周囲と、露光光が液体LQを通過する領域とが区切られる。ここで、電極D1の周囲の雰囲気はイオン交換膜I1と隔壁K1とにより密閉空間となっており、この密閉空間には排気管H1が接続されている。また、電極D2の周囲の雰囲気はイオン交換膜I2と隔壁K2とにより密閉空間となっており、この密閉空間には排気管H2が接続されている。これらの排気管H1、H2は、ともに混合器Kに接続されている。この混合器Kには、電磁弁DVを備えた導入管LDの一端が接続されており、この導入管LDの他端は、ウエハテーブルWTの近傍に位置している。

【0025】電極D1、D2への印可電圧は図示なき電源供給部から供給され、電源供給部が供給する印可電圧は、第2制御部CPU2により制御される。また、電磁弁DVの開閉に関してもは、第2制御部CPU2が制御する。本例では、これらの電極D1、D2、イオン交換膜I1、I2、隔壁K1、K2、排気管H1、H2、混合器K、電磁弁DV、導入管LD、図示なき電源供給部、第2制御部CPU2が屈折率調整手段を構成している。

【0026】以下、屈折率調整手段の動作について説明する。以下の説明において、液体LQは、純水に添加剤として塩化水素を加えたものであるとしている。まず、液体LQの屈折率を下げる場合、第2制御部CPU2は、電源供給部へ指令を送り、電極D1及び電極D2の間に所定の電圧を所定の時間だけ加印する。このとき、陽極となる電極からは酸素気体が発生し、陰極となる電極からは水素と塩素との混合気体が発生する。このとき、液体LQにおける塩化水素濃度が下がるため、上記(1)式からもわかるように、液体LQの屈折率が低下する。ここで、各々の電極D1、D2の近傍で発生した気体は、イオン交換膜I1、I2を通過しないため、排気管H1、H2を介して回収することが可能である。この回収された気体は、混合器Kへ送られる。混合器Kでは、回収された気体(酸素気体、水素気体、塩化水素気体)が混ぜ合わせられ、これより、液体LQよりも高濃度の添加物水溶液が生成される。

【0027】また、液体LQの屈折率を上げる場合、第2制御部CPU2は、電磁弁DVを開いて高濃度の添加物水溶液を液体LQへ加えるように、電磁弁DVへ指令を送る。これにより、液体LQの屈折率が上昇する。この構成により、液体LQの屈折率を可変にできる。さて、第2制御部CPU2に接続されているメモリーM1には、種々の照明条件ごとに対応して屈折率の値がテーブルの形で記憶されている。ここで、屈折率の値は、ある照明条件下において投影光学系Tで生じる収差を補正

するために必要な液体LQの屈折率の値である。また、このメモリーM1には、ある時点における液体LQ中の添加物濃度の値が、常に更新される形で保管されている。

【0028】また、上記の照明光学系ILは、この照明光学系ILが形成する面光源の形状に関する情報を第2制御部CPU2へ伝達するために、第2制御部CPU2と接続されている。ここで、照明条件一本例では面光源の形状一が変化すると、この情報は第2制御部CPU2へ伝達される。このとき、第2制御部CPU2は、伝達された照明条件に対応する屈折率の値をメモリーM1から検索し、その屈折率を実現するための添加物の濃度を上記(1)式から計算する。次に第2制御部CPU2は、メモリーM1に保管されている現在の添加物濃度と、計算された添加物濃度とに従って、現在の添加物濃度を計算された添加物濃度とするように、電極D1、D2あるいは電磁弁DVを制御する。

【0029】これにより、液体LQの屈折率の値は、液体LQを含めたときの投影光学系Tの収差が補正されるものとなる。

〔第2の実施の形態〕第2の実施の形態は、第1の実施の形態における添加物をエチルアルコールとした点が大きく異なる。このエチルアルコールは、感光性基板としてのレジストが塗布されたウエハWのレジスト層を溶解せず、投影光学系Tにおける最もウエハW側の光学部材(液体LQと接する光学部材)及びこの光学部材に施された光学コートへの影響が少ない利点がある。

【0030】また、第2の実施の形態においては、屈折率調整手段の構成が第1の実施の形態のものとは異なる。以下、図3を参照して屈折率調整手段の構成につき説明する。なお、図3において、図2に示したものと同一機能を有する部材には、同じ符号を付してある。第2の実施の形態によるウエハテーブルWTを示す図3において、第1の実施の形態のものとは異なる点は、添加物を液体LQへ供給するための添加物供給管LSと、純水を液体LQへ供給するための純水供給管WSと、液体LQがウエハテーブルWTから溢れないように液体LQを排出する排出管Lとを有する点である。

【0031】ここで、添加物供給管LS、純水供給管WS及び排出管Lには、添加物及び純水の供給量を調整するための電磁弁DVL S、DVWS及び液体LQの排出量を調整するための電磁弁DVLがそれぞれ設けられており、これらの電磁弁DVL S、DVWS、DVLの開閉は、第2制御部CPU2により制御されている。第2の実施の形態における屈折率調整時の動作について説明する。

【0032】まず、液体LQの屈折率を上げる場合、第2制御部CPU2は電磁弁DVL Sを制御して、所定の量だけ添加物を液体LQへ加える。このとき、排出管Lから液体LQを所定の量だけ排出する。この排出する液

液体LQの量は、加えられた添加物の量と同じであることが好ましい。これにより、液体LQ中の添加物濃度が高まり、その屈折率が上昇する。

【0033】また、液体LQの屈折率を下げる場合、第2制御部CPU2は電磁弁DVWSを制御して、所定の量だけ純水を液体LQへ加える。このとき、排出管Lから液体LQを所定の量だけ排出する。この排出する液体LQの量は、加えられた純水の量と同じであることが好ましい。これにより、液体LQ中の添加物濃度が低くなり、その屈折率が低下する。

【0034】ここで、加えられる添加物及び純水の量、排出する液体LQの量は、第2制御部CPU2により制御される。なお、メモリーM1内に照明条件の種類に対応して屈折率の値が記憶される点、ある時点における液体LQの添加物濃度の値が保管される点は、上述の第1の実施の形態と同様であり、これらの情報に基づいて、投影光学系Tの収差を補正できる屈折率を実現するための添加物濃度を計算する点も第1の実施の形態と同様である。

【0035】このようにして、第2の実施の形態における第2制御部CPU2は、メモリーM1に保管されている現在の添加物濃度と、計算された添加物濃度とに従って、現在の添加物濃度を計算された添加物濃度とするように、電磁弁DVLS、DVWS、DVLの開閉を制御する。これにより、液体LQの屈折率の値は、液体LQを含めたときの投影光学系Tの収差が補正されるものとなる。

〔第3の実施の形態〕次に、図4を参照して第3の実施の形態について説明する。第3の実施の形態による露光装置は、収差測定装置を備えている点で上述の第1及び第2の実施の形態とは異なる。なお、図4において、上述の図1～図3の例と同じ機能を有する部材には同じ符号を付してあり、図1と同様のXYZ座標系を採用している。

【0036】図4において、光源Sは、波長248nmの露光光を供給し、この光源Sからの露光光は、ビーム整形光学系11により所定形状の断面に整えられた後、第1フライアイレンズ12に入射する。第1フライアイレンズ12の射出側には、複数の光源像からなる2次光源が形成される。この2次光源からの露光光は、リレーレンズ系13F、13Rを経て第2フライアイレンズ15へ入射する。このリレーレンズ系は前群13F及び後群13Rから構成され、これらの前群13F及び後群13Rの間には、被照射面上でのスペックルを防止するための振動ミラー14が配置されている。

【0037】さて、第2フライアイレンズ15の射出面側には、第1フライアイレンズによる2次光源の像が複数形成され、これが3次光源となる。この3次光源が形成される位置には、所定の形状あるいは所定の大きさを持つ複数の開口絞りを設定できる可変開口絞り16が配

置されている。この可変開口絞り16は、例えば図5に示すように、石英などで構成された透明基板上にパターンニングされた6つの開口絞り16a～16eをターレット状に設けたものである。ここで、円形開口を持つ2つの開口絞り16a、16bは、 σ 値（投影光学系の開口数に対する照明光学系の開口数）を変更するための絞りであり、輪帯形状を持つ2つの開口絞り16c、16dは、互いに輪帯比の異なる絞りである。そして、残りの2つの開口絞り16e、16fは、4つの偏心した開口を有する絞りである。この可変開口絞り16は、可変開口絞り駆動ユニット17により、複数の開口絞り16a～16fのうち何れか一つが光路内に位置するように駆動される。

【0038】図4に戻って、可変開口絞り16からの露光光は、コンデンサレンズ系18により集光されてレチクルブラインド19上を重畳的に照明する。レチクルブラインド19は、リレー光学系20F、20Rに関してレチクルRのパターン形成面と共役配置されており、レチクルブラインド19の開口形状によりレチクルR上での照明領域の形状が決定される。レチクルブラインド19からの露光光は、リレー光学系の前群20F、反射鏡M及びリレー光学系の後群20Rを介してレチクルR上の所定の位置に実質的に均一な照度分布の照明領域を形成する。

【0039】なお、前述の第1及び第2の実施の形態における照明光学系ILは、この実施の形態に示したビーム整形光学系11～リレー光学系20F、20Rを適用することもできる。さて、レチクルRは、レチクルローダーRL上に載置されており、このレチクルローダーRLは、ホルダーテーブルLT上で図中XY方向及びZ軸を中心とした回転方向（ θ 方向）に移動可能となっている。このレチクルローダーRLには、移動鏡RIMが設けられており、レチクル干渉計RIは、レチクルローダーRLのXY方向及び θ 方向の位置を検出する。また、レチクルローダーRLは、レチクルローダー駆動ユニットRLDによりXY方向及び θ 方向へ駆動される。ここで、レチクル干渉計RIからの出力は、第1制御部CPU1へ伝達され、第1制御部CPU1は、レチクルローダー駆動ユニットRLDを制御する構成となっている。

【0040】また、図示なきレチクルストッカーからの搬送路の途中には、レチクルRに設けられたバーコードを読みとるためのバーコードリーダーBRが設けられている。このバーコードリーダーBRが読みとったレチクルRの種類に関する情報は、第2制御部CPU2へ伝達される。ここで、第2制御部CPU2に接続されているメモリーM1には、レチクルRの種類ごとに最適な照明条件に関する情報と、レチクルRの種類ごとに最適な液体LQの屈折率の値とが記憶されている。

【0041】レチクルRの下側には、所定の縮小倍率 β を有する投影光学系Tが設けられており、この投影

光学系Tの最もウエハ面側の光学部材とウエハWとの間には、液体LQが介在している。投影光学系Tは、この液体LQを介してウエハ面上にレチクルRの縮小像を形成する。ウエハWは、ウエハテーブルWTに吸着固定されており、このウエハテーブルWTは、ウエハテーブルWT自体のZ軸方向への移動やティルト（Z軸に対する傾き）を行わせるためのZアクチュエータZD1、ZD2、ZD3を介して、定盤に対してXY方向に移動可能なウエハステージWTSに取り付けられている。このウエハステージWTSは、ウエハステージ駆動ユニットWDにより駆動される。また、ウエハテーブルの側壁は鏡面加工が施されており、この部分がウエハ干渉計WIの移動鏡となっている。ここで、ウエハステージ駆動ユニットWDの駆動は上述の第1制御部CPU1で制御され、ウエハ干渉計WIからの出力は第1制御部CPU1へ伝達される構成となっている。

【0042】また、投影光学系Tには、投影光学系TとウエハWとの間のZ方向の距離を測定するためのフォーカスセンサAFが設けられている。このフォーカスセンサAFは、投影光学系TにおけるウエハW側に近い光学素子を介してウエハ面上に光を照射し、かつウエハで反射された光を上記光学素子を介して受光し、その受光位置により投影光学系TとウエハWとの間のZ方向の距離を測定するものである。このようなフォーカスセンサAFの構成は、例えば特開平6-66543号公報に開示されている。

【0043】さて、第3の実施の形態においても、添加物保管部LSTに貯蔵される高濃度の添加物水溶液を液体LQへ供給するための添加物供給管LSと、純水保管部WSTに貯蔵される純水を液体LQへ供給するための純水供給管WSとを備えており、添加物供給管LS及び純水供給管WSには、添加物水溶液及び純水の供給量を調整するための電磁弁DVLS、DVWSが設けられている。また、ウエハテーブルWTには、液体LQがウエハテーブルから溢れないように液体LQを排出するための排出管Lが設けられており、この排出管Lには、液体LQの排出量を調整するための電磁弁が設けられている。これらの電磁弁DVLS、DVWS、DVLの開閉は、上述の第2の実施の形態と同様に、第2制御部CPU2により制御されている。

【0044】また、ウエハテーブルWT上には、投影光学系の収差を測定するための収差測定部ASと、液体LQの添加物濃度を検出するための添加物濃度検出部DSとが設けられている。ここで、収差測定部ASとしては、例えば特開平6-84757号公報に開示されているものを用いることができる。ここで、収差測定部AS及び添加物濃度検出部DSからの出力は、第2制御部CPU2へ伝達される。また、添加物濃度検出部DSからの出力は、第2制御部CPU2を介してメモリーM1へある時点における液体LQの添加物濃度の値として保管され

る。

【0045】次に、第3の実施の形態の動作について説明する。まず、図示なきレチクルストッカーからレチクルRが取り出されてレチクルローダーRL上に載置される途中に、バーコードリーダーBRは、レチクルRに設けられているバーコードを読み取り、その情報を第2制御部CPU2へ伝達する。第2制御部CPU2は、メモリーM1に記憶されているレチクルRの種類に対応した照明条件に関する情報を読み出し、その情報に従って、可変開口絞り駆動ユニット17を制御して開口絞り16a～16fのうちの所定の一つを光路内に位置させる。また、第2制御部CPU2は、メモリーM1に記憶されている液体LQの屈折率の値に基づいて、その屈折率を実現するための添加物の濃度を上記(1)式から計算する。その後、添加物濃度検出部DSにより検出されてメモリーM1に保管されている現在の添加物濃度と、計算された添加物濃度とに従って、現在の添加物濃度を計算された添加物濃度とするように、電磁弁DVLS、DVWS、DVLの開閉を制御する。

【0046】これにより、液体LQの屈折率の値は、液体LQを含めたときの投影光学系Tの収差が補正されるものとなる。この後、フォーカスセンサAFによりウエハWのZ方向の位置及びティルトを検出して、ウエハWが所要の位置になるようにZアクチュエータZD1、ZD2、ZD3を駆動する。この状態において、光源Sからの露光光を照明光学系を介してレチクルRへ導き、第1制御部CPU1は、レチクル干渉計RI及びウエハ干渉計WIによりレチクルR及びウエハWの位置を検出しつつ、レチクルローダー駆動ユニットRLD及びウエハステージ駆動ユニットWDを駆動させ、レチクルR及びウエハWを投影光学系Tの投影倍率 $|\beta|$ の速度比の元で移動させる。これにより、レチクルR上のパターンは、良好な結像状態のもとでウエハW上へ転写される。

【0047】さて、投影光学系Tの結像性能（収差など）は、常に一定ではなく、温度変化や大気圧変化、投影光学系Tが露光光を吸収することによる温度上昇などにより変化する場合がある。そこで、第3の実施の形態では、収差測定部ASにより実際の投影光学系Tの収差（結像性能）を測定し、この測定結果に基づいて液体LQの屈折率の値を調整する構成としている。

【0048】具体的には、第3の実施の形態では、メモリーM1内に投影光学系の収差値に対応させた形で、その収差を補正できる液体LQの屈折率の値が記憶されている。そして、収差測定部ASにより検出された投影光学系Tの収差は、第2制御部CPU2へ伝達される。第2制御部CPU2は、メモリーM1内に記憶されている液体LQの屈折率の値を読み出し、この屈折率の値になるように添加物濃度を上記(1)式より求め、液体LQがその添加物濃度となるように電磁弁DVLS、DVWS、DVLの開閉を制御する。

【0049】この構成により、投影光学系Tの環境変化（温度変化、大気圧変動、露光光吸収による変動）があってもその結像性能を良好に維持することができる。なお、この収差測定部ASによる測定は、常時行う必要はなく、所定の周期ごとに行えば良い。

〔第4の実施の形態〕次に図6を参照して、第4の実施の形態について説明する。第4の実施の形態は、投影光学系とウエハとの間の光路の全てを液体で満たす構成ではなく、この光路の一部を液体で満たす構成としたものである。

【0050】図6（a），（b）において、図1～3に示した第1及び第2の実施の形態と同じ機能を有する部材には同じ符号を伏してある。図6（a），（b）に示す第4の実施の形態では、ウエハホルダーWTの側壁により液体LQを溜める代わりに、露光光を透過させる材料（例えば石英など）で構成された容器C1，C2中に液体LQを満たす構成が前述の第1及び第2の実施の形態とは異なる。この構成により、前述の第1及び第2の実施の形態が有していた効果のうち、開口数増大または実効的焦点深度拡大の効果はないものの、連続的に投影光学系Tの収差（結像性能）調整が可能となる効果は有している。

【0051】なお、この第4の実施の形態において、液体LQが入れられている容器C1，C2を投影光学系Tと一体に設けても良い。以上の第1～第4の実施の形態では、液体LQとして純水を用いたが純水に限られることはない。

【0052】

【発明の効果】以上に示したように本発明によれば、投影光学系の結像性能を振動なく連続的に調整をすること

ができる。また、開口数の増大（或いは実効的な焦点深度の拡大）と結像性能の調整とを両立させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1及び第2の実施の形態にかかる露光装置を全体的に示す概略図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態にかかる露光装置の要部を示す断面図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態にかかる露光装置の要部を示す断面図である。

【図4】本発明の第3の実施の形態にかかる露光装置を示す概略図である。

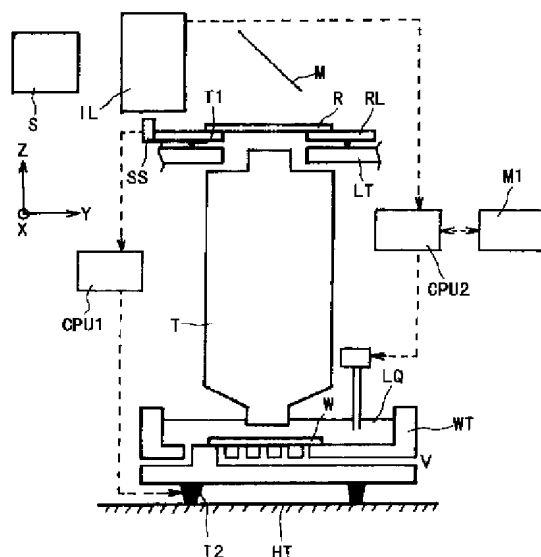
【図5】本発明の第3の実施の形態にかかる露光装置の一部を示す概略図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態にかかる露光装置の要部を示す断面図である。

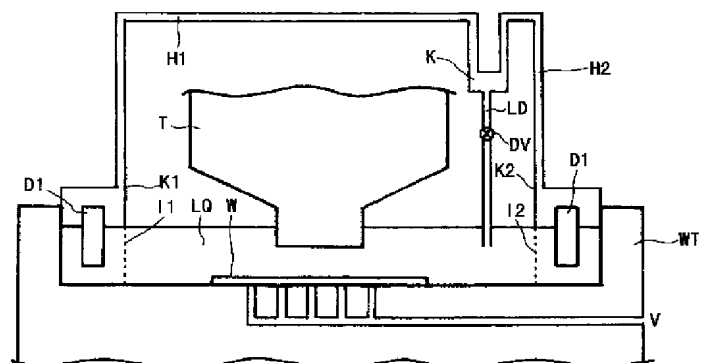
【符号の説明】

S…光源	T2…駆動装置
IL…照明光学系	M1…メモリー
M…反射板	V…減圧管
T…投影光学系	D1、D2…電極
W…ウエハ	I1、I2…イオン交換膜
LQ…液体	K1、K2…隔壁
R…レチクル	H1、H2…配管
RL…レチクルローダー	L…排出管
LT…ローダーテーブル	LD…導入管
SS…センサー	WS…純水供給管
WT…ウエハテーブル	L S…添加物供給管
T1…駆動装置	

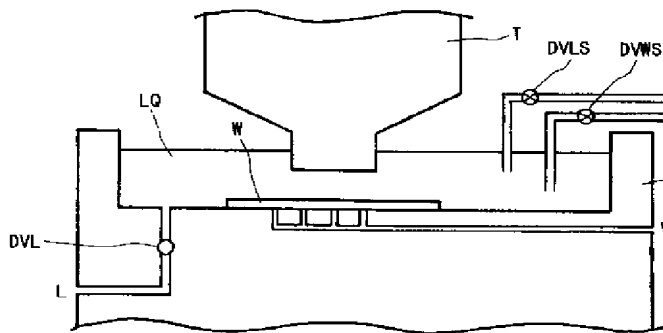
【図1】



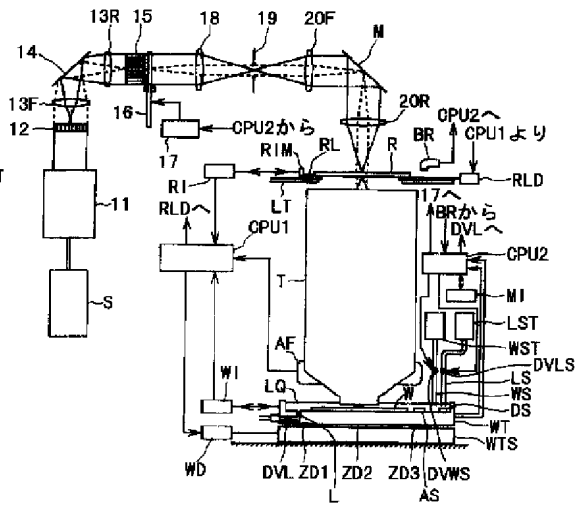
【図2】



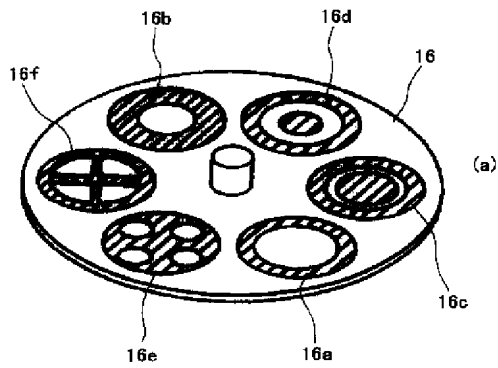
【図3】



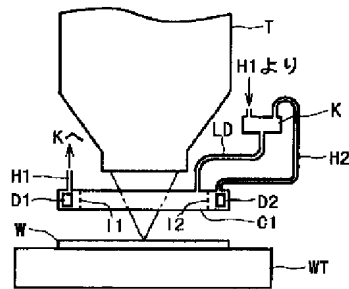
【図4】



【図5】



【図6】



(b)

